

Calibrating aerial photography camera, involves acquiring optical test structure image with moving camera, computing motion-compensated image and comparing with desired image

Patent Number: DE19957495
Publication date: 2001-06-13
Inventor(s): FRICKER PETER (CH); ECKARDT ANDREAS (DE)
Applicant(s): LH SYSTEMS GMBH HEERBRUGG (CH); DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT (DE)
Requested Patent: ☐ DE19957495
Application Number: DE19991057495 19991119
Priority Number(s): DE19991057495 19991119
IPC Classification: G03B37/00; G03B43/00; G01C11/10; G01C19/64
EC Classification: G03B43/00, G01C11/00, G01C25/00, G03B37/00
Equivalents:

Abstract

The method involves producing a movement of the camera using control elements driven by drive electronics, acquiring an image of an optical test structure with the moving camera, determining all degrees of freedom of the camera with a position detection device and an inertial navigation system, computing a motion-compensated image and comparing the image with a desired image of the test structure. Independent claims are also included for the following: an arrangement for calibrating an aerial photography camera.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 57 495 A 1**

⑤1 Int. Cl.7:
G 03 B 37/00
G 03 B 43/00
G 01 C 11/10
G 01 C 19/64

⑳ Aktenzeichen: 199 57 495.2
㉔ Anmeldetag: 19. 11. 1999
㉕ Offenlegungstag: 13. 6. 2001

DE 199 57 495 A 1

㉑ Anmelder:
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,
53175 Bonn, DE; LH Systems GmbH, Heerbrugg, CH

㉒ Vertreter:
Patentanwälte Effert, Bressel und Kollegen, 12489
Berlin

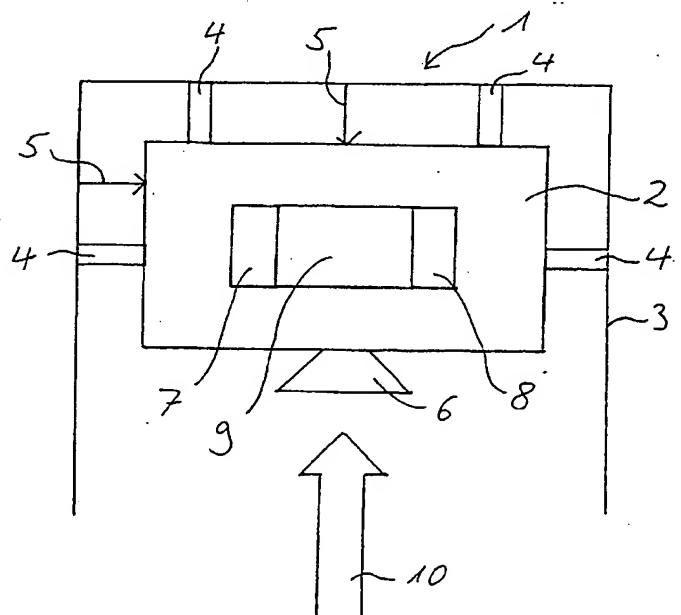
㉓ Erfinder:
Eckardt, Andreas, 12524 Berlin, DE; Fricker, Peter,
Rebstein, CH

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Kalibrierung von Luftbildkameras

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kalibrierung von Luftbildkameras (2), umfassend Mittel zur mechanischen Aufnahme der Luftbildkamera (2), Stellglieder zur Auslenkung der Luftbildkamera (2), eine Positionserfassungseinrichtung (7) und ein inertiales Navigationssystem (8), die mechanisch starr zueinander in oder an der Luftbildkamera (2) angeordnet sind, und eine optische Teststruktur (10), wobei die Stellglieder über eine Ansteuerelektronik ansteuerbar sind, die Auslenkung der Luftbildkamera (2) über die Positionserfassungseinrichtung (7) und das inertiale Navigationssystem (8) erfassbar ist, eine Aufnahme der optischen Teststruktur (10) unter zur Hilfenahme der Daten der Positionserfassungseinrichtung (7) und des inertialen Navigationssystems (8) korrigierbar und mit einer Sollbilddaufnahme vergleichbar ist.



DE 199 57 495 A 1

BEST AVAILABLE COPY

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und die Vorrichtung zur Kalibrierung von Luftbildkameras.

Bei filmbasierenden oder digitalen Luftbildkameras ist sowohl eine geometrische als auch eine radiometrische Kalibrierung notwendig.

Dabei werden zur geometrischen Kalibrierung die Abbildungseigenschaften der Kamera herangezogen, um eine Mindestzahl von Linienpaaren pro Millimeter bezogen auf den Ort im Bildfeld zu bestimmen. Des weiteren wird hierzu beispielsweise ein Spalt oder ein durch ein Gitter erzeugtes Beugungsmuster verschoben und zur geometrischen Kalibrierung verwendet. Weiter ist auch die Verwendung von Lochblenden bekannt. Dabei werden die an der Lochblende erzeugten Besselfunktionen einer Szene ausgewertet, die Aussagen über die geometrische Abbildung enthält.

Bei all diesen Verfahren ist man bestrebt, die geometrischen Abbildungseigenschaften der Kamera in bezug auf das innere Koordinatensystem des Sensors auf die äußeren Koordinaten pixelweise zu bestimmen. Mit Hilfe der verschiedenen Verfahren kann dann die MTF der Kamera über das komplette 2 D-Blickfeld pixel- oder punktweise bestimmt werden. Mittels der externen Anbindung an die Kamerakoordinaten erhält man somit die geometrische Kalibrierung eines jeden Pixels oder Punktes.

Die radiometrische Kalibrierung erfolgt beispielsweise mittels Eichstrahlern oder Monochromatoren, wobei neben der radiometrischen Auflösung auch spektrale Eigenschaften der Kamera bestimmt werden.

Aus der DE 197 27 281 C1 ist eine Vorrichtung zur geometrischen Kalibrierung von CCD-Kameras bekannt, umfassend eine kohärente Lichtquelle und ein synthetisches Hologramm zur Erzeugung einer wohldefinierten Teststruktur, wobei die kohärente Lichtquelle und das Hologramm derart zueinander angeordnet sind, daß bei Beleuchtung des Hologramms durch die kohärente Lichtquelle das Hologramm eine 3D-Teststruktur um die Fokalebene der CCD-Kamera herum erzeugt. Prinzipiell ist es denkbar, die Hologramme auch derart auszubilden, so daß diese auch zur radiometrischen Kalibrierung benutzt werden können.

Nachteilig an allen bekannten Arten der Kalibrierung ist, daß zwar die Kamera kalibriert wird, die Einbindung in das Gesamtsystem, beispielsweise beim Einbau in ein Flugzeug, unberücksichtigt bleibt.

Der Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kalibrierung von Luftbildkameras zu schaffen, mittels derer eine umfassende Kalibrierung unter Berücksichtigung des Gesamtsystems möglich ist.

Die Lösung des technischen Problems ergibt sich durch die Gegenstände mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 und 7. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Hierzu umfaßt die Vorrichtung Mittel zur mechanischen Aufnahme der Luftbildkamera, Stellglieder zur Auslenkung der Luftbildkamera, eine Positionserfassungseinrichtung und ein inertiales Navigationssystem, die mechanisch starr zueinander in oder an der Luftbildkamera angeordnet sind, die Auslenkung der Luftbildkamera über die Positionserfassungseinrichtung und das inertiale Navigationssystem erfassbar ist, eine Aufnahme der optischen Teststruktur unter zur Hilfenahme der Daten der Positionserfassungseinrichtung und des inertialen Navigationssystems korrigierbar und mit einer Sollbilddaufnahme vergleichbar ist, so daß neben der herkömmlichen geometrischen und radiometrischen Kalibrierung auch das inertiale Navigationssystem und die Positionserfassungseinrichtung, sowie deren Justierung zuein-

ander kalibriert werden. Dadurch ergibt sich auch eine Kalibrierung hinsichtlich Flugbewegungen bzw. Flugrestbewegungen, falls die Kamera im Flugzeug stabilisiert wird. Bei filmbasierenden Luftbildkameras, die nicht notwendigerweise mit einem inertialen Navigationssystem ausgebildet sein müssen, kann somit auch die Forward Motion Compensation FMC beurteilt werden. Bei digitalen Luftbildkameras ist hingegen das inertiale Navigationssystem zwingend notwendig, da die Daten des INS zur Korrektur der Bilddaten benötigt werden. Wird nun beispielsweise mittels eines Hologramms ein 3D-Testmuster in Form eines ins unendliche abzubildenden Spalts auf die Kamera geworfen, so muß nach der Korrektur durch die Daten der Positionserfassungseinrichtung und des inertialen Navigationssystems wieder der gerade Spalt als Aufnahme erhalten werden. Aus gegebenenfalls vorhandenen Abweichungen kann dann auf eine relative Verschiebung der Positionserfassungseinrichtung zum inertialen Navigationssystem geschlossen werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform sind Mittel zur Aufnahme der Luftbildkamera als federelastisches Befestigungsmittel ausgebildet.

Die Stellglieder sind vorzugsweise als Piezoelemente ausgebildet, die mit geringem Steuerungsaufwand präzise Bewegungen der Luftbildkamera erlauben.

Die Positionserfassungseinrichtung ist vorzugsweise als GPS- oder DGPS-Empfänger ausgebildet. Das inertiale Navigationssystem ist in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform als Gyro-Kreisel ausgebildet.

Vorzugsweise wird die optische Teststruktur mittels eines Hologramms gebildet, mittels dessen die geometrischen und radiometrischen Eigenschaften der Kamera bestimmbar sind. Im einfachsten Fall erzeugt das Hologramm einen ins unendlichen abgebildeten Spalt, über dessen Verschiebung die Kamera flächenhaft ausgemessen werden kann.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die einzige Figur zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer Vorrichtung zur Kalibrierung von Luftbildkameras.

Die Vorrichtung 1 zur Kalibrierung einer Luftbildkameras 2 umfaßt ein Gehäuse 3, federelastische Befestigungselemente 4 und Piezoelemente 5. Die Luftbildkamera 2 umfaßt ein Objektiv 6, eine Positionserfassungseinrichtung 7 und ein inertiales Navigationssystem 8, die mittels einer Justageeinrichtung 9 mechanisch starr miteinander verbunden sind. Die federelastischen Befestigungsmittel 4 und die Piezoelemente 5 sind in X-, Y- und Z-Richtung zur Luftbildkamera 2 angeordnet, wobei in der Darstellung die Z-Richtung nicht dargestellt ist. Des weiteren sind die Piezoelemente 5 mit einer Ansteuerelektronik verbunden, die die Piezoelemente 5 in mechanische Schwingungen versetzen, wobei die Ansteuerelektronik dabei vorzugsweise ein Frequenzspektrum der Zielflugzeugklassen nachbildet.

Zur Kalibrierung wird die Luftbildkamera 2 mittels der federelastischen Mittel an dem Gehäuse 3 befestigt. Mittels eines Mustergenerators wird eine optische Teststruktur 10 erzeugt, mittels derer eine geometrische und radiometrische Kalibrierung der Luftbildkamera erfolgt. Über die Piezoelemente 5 wird dann eine Bewegung entlang der 6 Freiheitsgrade erzeugt. Diese Bewegungen werden von der Positionserfassungseinrichtung 7 und dem inertialen Navigationssystem 8 erfaßt. Bei der ausschließenden Bildauswertung werden die aufgenommenen Bilddaten mittels der Daten der Positionserfassungseinrichtung 7 und des inertialen Navigationssystems 8 korrigiert, so daß im Idealfall die unbewegte Teststruktur 10 erscheint. Weist hingegen die Struktur einen konstanten Versatz auf, so läßt dieser auf einen konstanten Offset schließen, der in der Gesamtübertragungsfunktion der Luftbildkamera 2 berücksichtigt werden kann. Variiert

der Versatz hingegen, so ist dies ein Anzeichen dafür, daß die mechanische Verbindung zwischen Positionserfassungseinrichtung 7 und dem inertialen Navigationssystem 8 nicht starr ist und korrigiert werden muß. Als Ergebnis erhält somit die Gesamtübertragungsfunktion der Luftbildkamera 2, deren geometrische und radiometrische Kalibrierung, die Güte der Positionserfassungseinrichtung 7, des inertialen Navigationssystems 8 und deren Justierung zueinander, sowie die Güte der Auswertesoftware.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Kalibrierung von Luftbildkameras (2), umfassend Mittel zur mechanischen Aufnahme der Luftbildkamera (2), Stellglieder zur Auslenkung der Luftbildkamera (2), eine Positionserfassungseinrichtung (7) und ein inertiales Navigationssystem (8), die mechanisch starr zueinander in oder an der Luftbildkamera (2) angeordnet sind, und eine optische Teststruktur (10), wobei die Stellglieder über eine Ansteuerelektronik ansteuerbar sind, die Auslenkung der Luftbildkamera (2) über die Positionserfassungseinrichtung (7) und das inertiale Navigationssystem (8) erfaßbar ist, eine Aufnahme der optischen Teststruktur (10) unter zur Hilfenahme der Daten der Positionserfassungseinrichtung (7) und des inertialen Navigationssystems (8) korrigierbar und mit einer Sollbilddaufnahme vergleichbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Aufnahme der Luftbildkamera als federelastische Befestigungsmittel (4) ausgebildet sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellglieder als Piezoelemente (5) ausgebildet sind.
4. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Positionserfassungseinrichtung (7) als GPS- oder als DGPS-Empfänger ausgebildet ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das inertiale Navigationssystem (8) als Gyrokreisel ausgebildet ist.
6. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die optische Teststruktur (10) als Hologramm ausgebildet ist.
7. Verfahren zur Kalibrierung von Luftbildkameras (2) mittels einer Vorrichtung (1), umfassend folgende Verfahrensschritte:
 - a) Erzeugen einer Bewegung der Luftbildkamera (2) durch die durch die Ansteuerelektronik beaufschlagten Stellglieder,
 - b) Aufnehmen der optischen Teststruktur (10) durch die bewegte Luftbildkamera (2),
 - c) Bestimmen aller Freiheitsgrade der Luftbildkamera (2) durch die Positionserfassungseinrichtung (7) und das inertiale Navigationssystem (8),
 - d) Berechnung einer bewegungskompensierten Aufnahme mittels der Daten aus Verfahrensschritt c) und
 - e) Vergleichen der Aufnahme gemäß Verfahrensschritt d) mit einer Sollaufnahme der optischen Teststruktur (10).

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

